

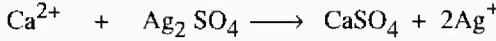
التجربة الثامنة

تعيين قيمة ثابت التوازن لتفاعل الإحلال أو التبادل

عند إضافة كبريتات الكالسيوم الصلبة إلى محلول من نترات الفضة فإنه يحدث التفاعل التالي :



كما تؤدي إضافة كبريتات الفضة الصلبة إلى محلول نترات الكالسيوم إلى حدوث التفاعل التالي :



وهذا يعني أن وجود أي من المادتين الصلبتين مع محلول المادة الأخرى يؤدي إلى حدوث التوازن الكيميائي التالي :



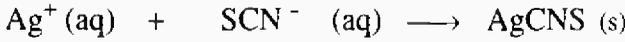
وثابت التوازن الذي يعطى بالمعادلة التالية :

$$K = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{[\text{Ag}^+]^2}$$

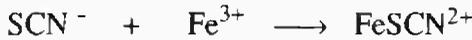
يمكن حسابه بعد معرفة تركيزي كل من أيونات الكالسيوم وأيونات الفضة في الخليط .

ولقياس هذين التركيزين فإنه تجرى عملية تحليل كمي مناسبة . وهذه العملية تأخذ بالاعتبار وجود هذين الأيونين (Ca^{2+}) و (Ag^+) في الخليط في نفس الوقت .

وبالنسبة لتركيز أيونات الفضة فإنه يمكن تقديره بعملية معايرة يضاف فيها محلول ثيوسيانات الأمونيوم أو البوتاسيوم الذي يقوم بترسيب الفضة على هيئة ثيوسيانات الفضة حسب المعادلة التالية :



ولهذا تصنف هذه المعايرة على أنها ضمن معايرات الترسيب . وإذا وجدت أيونات الحديد الثلاثي (Fe^{3+}) في المحلول على هيئة شب أو نترات فإن إضافة الثيوسيانات بعد ترسيب كل أيونات الفضة سيؤدي إلى اتحاد أيونات الحديد بأيونات الثيوسيانات لتشكيل معقد ذي لون أحمر واضح حسب المعادلة التالية :



ويعد ظهور هذا اللون دليلا على اكتمال معايرة أيونات الفضة بأيونات الثيوسيانات . تسمى معايرة الترسيب السابقة بطريقة فولهارد (Volhard method) لتقدير أيونات الفضة كميًا .

أما بالنسبة لتركيز أيونات الكالسيوم فإنه يقدر بعملية معايرة خلفية (Back titration) ، أي غير مباشرة إذ يضاف إلى المحلول مقدار محدد ومعلوم من محلول أكسالات الأمونيوم بحيث يكون أكثر من كافٍ لترسيب أيونات الكالسيوم ، وكذلك أيونات الفضة على هيئة أكسالات . ومن ثم تقدر كمية الأكسالات المتبقية بمعايرتها بمرمجنات البوتاسيوم ، ومنها تعرف كمية الأكسالات التي رسبت كلا من الكالسيوم والفضة . ولما كانت كمية الفضة قد حددت مسبقا بطريقة فولهارد فإنه يمكن تحديد كمية الأكسالات التي رسبت في الطريقة الأخيرة ، مما يقود إلى معرفة كمية الأكسالات التي رسبت الكالسيوم فقط وبالتالي إلى حساب تركيز أيونات الكالسيوم .

الأدوات والمواد المستخدمة :

دوارق مخروطية - ماصات - سحاحة - كأس .

طريقة العمل :

١ - حضر المخاليط التالية في الدوارق الزجاجية حسب الحجم المحددة بوحدة (ml) لكل مادة :

| No. | AgNO ₃ (aq) | CaNO ₃ (aq) | K ₂ SO ₄ (aq) |
|-----|------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 25 | 25 | 20 |
| 2 | 25 | 25 | 25 |
| 3 | 25 | 25 | 30 |
| 4 | 25 | 25 | 35 |

٢ - أضف إلى الخليط آثاراً قليلة من المادتين الصلبتين : كبريتات الكالسيوم (CaSO₄) وكبريتات الفضة (Ag₂SO₄).

٣ - أغلق الدورق وضعه لمدة ساعتين إلى ثلاث ساعات في حمام مائي عند درجة حرارة الغرفة مع الرج الشديد لمدة (10 - 15 min) كل (15 - 20 min).

٤ - رشح الخليط باستخدام قمع بخنر والزجاج المسامي أو بورق الترشيح إن تعذر ذلك .

٥ - عاير (25ml) من الرائق بثيوسيانات الأمونيوم مستخدماً دليل كبريتات الأمونيوم - الحديد الثلاثي (Ferric ammonium sulphate) وسجل الحجم (V_{SCN}⁻).

٦ - أضف إلى (25ml) أخرى من الرائق (25ml) من الماء وسخن حتى (70-80°C) ، ثم أضف ببطء ومع التحريك المستمر (25ml) من محلول أكسالات الأمونيوم معلوم التركيز، ثم اسمح للمحلول أن يبرد . تأكد من أن كل أيونات الفضة والكالسيوم قد اكتمل ترسيبها ؛ وذلك بإضافة حجم قليل ولكن معلوم من أكسالات الأمونيوم فإن لم يلاحظ حدوث مزيد من الترسيب فإنه قد اكتمل ، وإلا تستمر الإضافات القليلة إلى أن لا يلاحظ حدوث ذلك . حدد الحجم الإجمالي لأكسالات الأمونيوم (V_{C₂O₄²⁻}).

٧- رشح الخليط مستخدماً قمع بخنر والزجاج المسامي مع غسل الراسب عدة مرات بحيث يضاف ناتج الغسيل إلى الرائق .

٨- عاير الرائق بيرمنجنات البوتاسيوم وسجل الحجم ($V_{MnO_4^-}$) .
(تجرى الخطوات (من ٢ إلى ٨) لكل المخاليط) .

إرشادات للحسابات :

أ- حساب مولارية الفضة [Ag^+] :

يتم حساب ذلك من معرفة (V_{SCN^-}) أي حجم الثيوسيانات المعلوم التركيز (M_{SCN^-}) واللازم لترسيب أيونات الفضة في محلول منها حجمه (25ml) ، ومن معرفة معادلة التفاعل بين الثيوسيانات والفضة .

ب- حساب مولارية الكالسيوم [Ca^{2+}] :

يتم حساب ذلك كما يلي :

(١) من معرفة ($VC_2O_4^{2-}$) أي حجم الأكسالات الكلي الذي أضيف لإحداث الترسيب وتركيزه ($MC_2O_4^{2-}$) ، يمكن حساب (n_1) أي عدد المولات الكلي للأكسالات .

(٢) من معرفة ($V_{MnO_4^-}$) أي حجم البرمنجنات المعلوم التركيز ($M_{MnO_4^-}$) والمكافئ للأكسالات المتبقية بعد اكتمال الترسيب ، يمكن حساب ($n_{MnO_4^-}$) أي عدد مولات هذه البرمنجنات . ومن معرفة معادلة تفاعل البرمنجنات والأكسالات :



فإن عدد مولات الأكسالات (n_2) التي تفاعلت مع ($n_{MnO_4^-}$) هو :

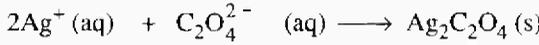
$$n_2 = \frac{5}{2} n_{MnO_4^-}$$

وهذا عبارة عن عدد مولات الأكسالات المتبقية .

(٣) من معرفة (n_1) و (n_2) يمكن معرفة (n_3) أي عدد مولات الأكسالات المترسبة على هيئة أكسالات فضة وأكسالات كالسيوم .

(٤) من معرفة $[Ag^+]$ أي مولارية الفضة في الخليط يمكن معرفة (n_4) أي عدد مولات (Ag^+) في (25ml) من الخليط .

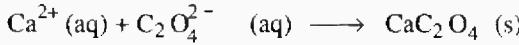
(٥) من معرفة (n_4) ومن معادلة تفاعل $[Ag^+]$ مع $(C_2O_4^{2-})$:



يمكن معرفة (n_5) أي عدد مولات الأكسالات المترسبة على هيئة أكسالات فضة .

(٦) من معرفة (n_3) و (n_5) يمكن معرفة (n_6) أي عدد مولات الأكسالات المترسبة على هيئة أكسالات كالسيوم .

(٧) من معرفة (n_6) ومن معادلة تفاعل (Ca^{2+}) مع $(C_2O_4^{2-})$:



يمكن معرفة (n_7) أي عدد مولات الكالسيوم في (25ml) من الخليط .

(٨) من معرفة (n_7) يمكن معرفة $[Ca^{2+}]$ أي مولارية الكالسيوم في الخليط .

جـ- حساب ثابت التوازن (K) :

من (أ) و (ب) يمكن حساب قيمة ثابت التوازن للتفاعل لكل خليط .

تقرير التجربة

اسم الطالب :
المقرر :
رقم الطالب :
الشعبة :
الفصل الدراسي :
التاريخ :

اسم التجربة :

هدف (أهداف) التجربة :

النتائج التجريبية :
[NH₄ SCN] = molar
[KMnO₄] = molar
[C₂O₄²⁻] = molar

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| V _{SCN⁻} (ml) | | | | |
| V _{C₂O₄²⁻} (ml) | | | | |
| V _{MnO₄⁻} (ml) | | | | |

الحسابات :

وضح في الفراغات التالية عملية الحساب للخليط رقم (1) فقط . أما

لبقية المخاليط فمن غير المطلوب عرضها، وكل ما هو مطلوب بالنسبة لها هو فقط ملء الفراغات المخصصة لها في كل جدول.

أ- حساب مولارية الفضة $[Ag^+]$:

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|---|---|---|---|
| $[Ag^+]$ | | | | |

ب- حساب مولارية الكالسيوم $[Ca^{2+}]$:

١- حساب قيمة (n_1) :

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|---|---|---|---|
| $n_1(\text{mol})$ | | | | |

٢- حساب قيمة $(n_{\text{MnO}_4^-})$:

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------|---|---|---|---|
| $n_{\text{MnO}_4^-}$ (mol) | | | | |

حساب قيمة (n_2) :

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|---|---|---|---|
| n_2 (mol) | | | | |

٣- حساب قيمة (n_3) :

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|---|---|---|---|
| n_3 (mol) | | | | |

٤- حساب قيمة (n_4) :

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|---|---|---|---|
| n_4 (mol) | | | | |

٥- حساب قيمة (n_5) :

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|---|---|---|---|
| n_5 (mol) | | | | |

٦- حساب قيمة (n_6) :

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|---|---|---|---|
| n_6 (mol) | | | | |

٧- حساب قيمة (n_7) :

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------|---|---|---|---|
| n_7 (mol) | | | | |

٨- حساب قيمة (Ca^{2+}) :

| | | | | |
|-------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $[Ca^{2+}]$ | | | | |

ج- حساب ثابت التوازن (K):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| K | | | | |